



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

생활과학석사 학위논문

바이어스 각도에 따른 견직물의
역학적 특성 변화

The Mechanical Properties of Silk fabrics in
Various Bias Directions

2017 년 2 월

서울대학교 대학원

의류학과

강 윤 희

초 록

본 연구는 견직물의 다양한 바이어스 각도에 따른 역학적 특성 변화를 알아보고 실 구조와 직물 조직 형태의 차이가 각도에 따른 특성 변화에 어떠한 영향 미치는지 알아보고자 하였다.

실험에 사용된 시료는 시중에서 판매되는 6종의 견직물로 4종의 평직물과 1종의 능직, 1종의 수자직으로 구성되었다. 평직물은 모두 밀도가 동일하지만 경/위사의 실의 굵기가 다르고, 능직물과 수자직물은 평직물중 1종과 동일한 중량을 가진 시료를 사용하였다. 시료는 $0^{\circ} \sim 165^{\circ}$ 의 범위에서 15° 의 간격으로 총 12개의 바이어스 각도로 재단하여 KES-FB system으로 역학적 특성 중 인장, 전단, 굽힘, 표면 특성을 측정하였고 다음과 같은 결과를 얻었다.

각도에 따른 견직물의 대부분의 특성치들은 90° 를 기준으로 대칭된 형태를 갖는다. 인장, 전단, 굽힘, 표면 특성 가운데 전단 특성에서 직물에 따른 일치성이 가장 높게 나타났으며 모든 견직물에서 $0^{\circ} \sim 165^{\circ}$ 에서 경사(90°)와 위사(0°)를 제외하고는 45° 와 135° 에서 낮은 값을 나타내어 가장 드레이프성이 좋은 각도임을 알 수 있었다. 굽힘 특성에서는 대부분의 직물에서 $45^{\circ} \sim 75^{\circ}$ 와 $135^{\circ} \sim 150^{\circ}$ 에서 가장 낮은 값을 갖고 0° 와 90° 에서 값이 상승하는 W자형 곡선을 그려 경사와 위사 방향에서 곡선 실루엣을 잘 형성하는 것으로 나타났으며 각도에 대한 특성치의 관계를 통계적 수치로 비교해본 결과 WT, G, 2HG, MMD, SMD의 특성치가 큰 영향을 주는 것으로 드러났다.

실 구조에 따른 영향을 살펴보기 위해 평직물 4종을 중심으로 살펴보았고 통계적 결과로는 WT, RT, B, 2HB, MIU의 특성치에서 차이가 있는 것으로 나타났다. 실 구조와 각도의 영향을 복합적 살펴보았을 때, 실의 굵기가 굵을수록 방향에 따른 인장선형도(LT)가 크게 나타나며 경/위사의 합사수가 동일할 때보다 다를 때 각도에 따른 특성의 영향을 더 많이 받는 것을 발견하였다. 굽힘 특성은

경/위사의 굽기가 굽을수록 바이어스 각도 별 값의 차이가 크고, 꼬임의 영향을 많이 받았다.

직물 조직 특성에 따른 영향은 표면 특성에서 가장 특징적으로 나타났으며 그 중 90° 각도에서 조직 형태에 따른 특성치 값의 차이가 가장 크게 나타났다. 능직물의 경우 능선의 기울기 각도의 영향을 받아 60° 와 150° 에서 높은 SMD값을 가졌다. 전단 특성 중 전단 강성에서 평직물과 능직물은 경/위사 방향에서 15° 틀어진 각도에서 높은 값을 갖는 반면 수자직은 30° 틀어진 각도에서 높은 값을 갖는 조직 별 차이도 발견 되었다.

이와 같은 연구 결과를 통해 본 연구는 의류 생산 자동화 시스템 개발을 위한 기초적 자료로써 의의를 갖을 것으로 생각된다.

주요어 : 바이어스 방향, 견직물, KES-FB, 역학적 성질
학 번 : 2015-21713

목 차

I. 서	론	1
II. 실	험	5
1.	시료	5
2.	실험 방법	7
2.1.	실험편 준비	7
2.2.	역학적 특성 측정	7
2.2.1.	인장 특성	9
2.2.2.	전단 특성	9
2.2.3.	굽힘 특성	9
2.2.4.	표면 특성	9
3.	자료 분석	10
III. 결과 및 고찰		11
1.	제단 각도에 따른 영향	11
1.1.	인장 특성	11
1.2.	전단 특성	16
1.3.	굽힘 특성	20
1.4.	표면 특성	23
1.5.	통계 분석	27
1.6.	결과 요약	31
2.	실 구조에 따른 영향	32
2.1.	인장 특성	32
2.2.	전단 특성	34
2.3.	굽힘 특성	35

2.4. 표면 특성	36
2.5. 결과 요약	37
3. 직물 조직 형태에 따른 영향	38
3.1. 인장 특성	38
3.2. 전단 특성	39
3.3. 굽힘 특성	40
3.4. 표면 특성	41
3.4. 결과 요약	42
IV. 결론 및 제언	43
참고문헌	45
Abstract	47

List of Tables

[Table 1] Characteristics of fabric.....	5
[Table 2] Characteristics of fabric yarn	6
[Table 3] Parameters of mechanical properties	8
[Table 4] Pearson correlation coefficient	27
[Table 5] Results of ANOVA according to bias directions ...	28
[Table 6] Grouping of bias directions by Duncan test	29
[Table 7] ANOVA results of tensile properties of sample A, B, C, D.....	32
[Table 8] ANOVA results of shear properties of sample A, B, C, D.....	34
[Table 9] ANOVA results of bending properties of sample A, B, C, D	35
[Table 10] ANOVA results of surface properties of sample A, B, C, D.....	36

List of Figures

[Figure 1] Measured bias directions	7
[Figure 2] Tensile linearity (LT) of silk fabrics according to various bias angles	13
[Figure 3] Tensile energy (WT) of silk fabrics according to various bias angles	14
[Figure 4] Tensile resilience (RT) of silk fabrics according to various bias angles	15
[Figure 5] Shear rigidity (G) of silk fabrics according to various bias angles.....	17
[Figure 6] Shear hysteresis of silk fabrics at $\phi=0.5^\circ$ (2HG) according to various bias angles	18
[Figure 7] Shear hysteresis of silk fabrics at $\phi=5^\circ$ (2HG5) according to various bias angles	19
[Figure 8] Bending rigidity (B) of silk fabrics according to various bias angles.....	21
[Figure 9] Bending hysteresis (2HB) of silk fabrics according to various bias angles	22
[Figure 10] Coefficient of friction (MIU) of silk fabrics according to various bias angles	24
[Figure 11] Mean of MIU (MMD) of silk fabrics according to various bias angles	25
[Figure 12] Coefficient of friction (SMD) of silk fabrics according to various bias angles	26

I. 서 론

오랫동안 많은 연구자들은 의류에 어울리는 소재 개발을 위하여 다양한 직물의 특성에 대하여 연구해왔다. Kawabata(1980)는 직물을 손으로 만졌을 때의 촉감을 바탕으로 성질을 판단해오던 태(hand)를 계량화하여 객관적인 판단이 가능한 측정 방법을 고안하였다. 직물의 태는 직물의 역학적 성질에서 오는 느낌에 의해 결정되고, 태 평가는 직물의 의류용품으로의 용도 적합성을 판단하는 근거가 되는 것으로 Kawabata는 직물의 인장 특성, 전단 특성, 굽힘 특성, 압축 특성, 표면 특성 및 두께와 중량 등의 역학적 특성치를 측정하여 직물의 촉감을 판단하는 Kawabata Evaluation System(KES)-FB를 개발하였다(Kawabata, 1980).

KES-FB를 활용하여 과거 많은 연구자들은 다양한 직물의 역학적 특성을 파악해왔다. 성수광 등(1988)은 견과 silklike polyester 직물의 역학적 특성을 구하고 태와의 관계를 연구하였고, Mori 등(1999)은 셀룰라제 처리한 면직물의 굽힘과 전단 특성을 조사하여 처리시간에 따라 위사 방향에서의 잔여곡률과 잔여 전단 변형률이 폴리에스터 직물보다 적게 감소하는 것을 발견하였다. Matsudaira 등(1992)은 드레스에 사용되는 6종류의 견직물에 대한 역학적 특성과 태를 구하여 그 차이를 살펴보았다. 경/위사 모두에 꼬임이 없는 하부다에 직물은 부드러운 표면으로 전단 특성에서는 soft하고, 압축특성에는 hard한 반면, 경/위사 모두에서 높은 꼬임을 갖고 표면에 작은 크레이프를 보이는 조젯 직물은 인장, 굽힘, 전단 특성에서는 soft한 반면 압축 특성엔 hard하다(Matsudaira, 1992).

의복 제작 시 일반적으로 직물의 경사와 위사 방향에 맞춰 재단하기 때문에 소재에 관한 연구들 역시 이 두 방향에 대해서 주로 행해졌다. 하지만 직물은 방향에 따라 성질이 달라지는 이방성을 갖고, 이러한 특성은 의복 제작 시 의복의 형태를 틀어지게 하는 원인이 된다. 바이어스 방향은 경사와 위사 방향을 제외한 그 사이의 경사진 방향을

의미하며 직물의 이방성은 바이어스 방향에 따른 성질 변화에 주요한 요소이며 많은 연구자들에 의해 연구되어왔다.

Sengupta 등(1972)은 면직물의 초기 탄성률과 방추성에 대한 이방성을 살펴보고, 평직, 3/5, 2/6 능직물의 실험을 통해 평직에서 최대 초기 탄성률 값을 갖고, 2/6 능직에서 최소 초기 탄성률 값을 갖는 것을 발견하였다. 또한 방추성은 실의 꼬임, 측정 방향, 조직에 의해 좌우되고 바이어스 방향에서 경사와 위사 방향보다 높게 나타난 것을 발견하였다.

김상용 등(1985)은 직물의 인장 성질이 인장 방향에 따라 이방성을 갖고, 경/위사 방향과 경사진 방향의 인장성질은 그 경사 각도에 따라서 달라지며, 이에 따라 고밀도 합성섬유 평직물의 경/위사 방향과 바이어스 방향으로 인장 시 lattice 모형의 변형과 초기 탄성 부분과 변형 경화부분의 계산식을 고안하였다.

김승진 등(1987)은 Peirce의 공식을 활용하여 평직물 구성사의 굽힘 변형률과 비틀림 변형률을 구하고 직물의 비틀림 강성을 알아보고 컷 스트립 각에 따른 굽힘 특성의 식을 제시하고 45° 에서 최소 굽힘 강성을 갖는다고 하였다.

이와 같은 직물의 이방성에 대한 연구를 바탕으로 바이어스 방향에 대한 직물 특성의 변화와 관계에 관한 다양한 연구들이 가능하게 되었다.

Spivak 등(1968)은 전단 특성과 바이어스 신장간의 관계를 규명하고자 하였고 그에 따라 바이어스 신장에서 측정된 인장 변형률과 인장 변형력에 상응하는 전단 변형률과 전단 변형력의 값 계산을 가능한 모델식을 제시하였다. 또한 레이온과 면의 평직물의 실험을 통하여 이론식을 증명하였다.

다양한 방향에 따른 Bending hysteresis와 Shear properties의 예측 모델로써 사용하기 기준에 설립된 여러 모델 식들을 활용하여 면직물을 측정하였고 그 결과를 극선도(Polar diagram)의 형태로 나타내었다(Hu, 2000; Lo, 2002). 이에 면직물의 방향에 따른 Shear properties는 경사와 위사 방향에서 대칭적이고 $\pm 45^\circ$ 에서 최대값에

달하는 것을 발견하였으며(Lo, 2002), 4가지 모델을 활용하여 살펴본 Bending hysteresis는 Go 등의 모델에서만 45° 부근에서 최소값을 나타내고 나머지 모델에서는 위사에서 경사 방향으로 갈수록 증가하다가 다시 위사 방향에서 값이 감소하는 타원형의 형태를 띠는 것을 발견하였다(Hu, 2000).

Pan 등(2015)는 45° 의 바이어스 각도로 재단된 5mm~25mm 폭의 폴리에스터/면 혼방, 양모, 유리섬유 총 3종류의 직물을 인장 시력의 교차점에서의 마찰력, 파열 및 작용 매커니즘에 대하여 알아보고자 하였고 인장 시에 발생하는 실 빠짐(Yarn pullout)을 통하여 예측 모델과 실험 데이터간의 적합성에 대해 고찰하였다. 직물 경사의 실 빠짐은 고정 길이가 임계치보다 낮을 때 발생하고 임계치를 초과하면 파열되며 임계치 값은 양모<폴리에스터/면<유리섬유 순으로 나타났다.

Du 등(2008)은 직물과 실의 태를 규정하는 시스템(CHS-FY; characterization system of the handle properties of fabrics and yarns)을 개발하여 직물의 바이어스 신장(bias-extension)시 전단 특성에 가장 영향을 많이 주는 각도를 조사하였고 45° 에서 가장 상관관계가 높은 것을 발견하였다.

의복 디자이너들이 인체의 형태를 강조하거나 의복의 아름다움 표현을 위해 의도적으로 경사진 방향인 바이어스 방향을 사용하기 때문에 재단 각도에 따라 달라지는 직물의 역학적 성질의 변화를 살펴보는 것은 안정된 생산 제조를 위해 중요할 것이다. 하지만 대부분의 바이어스 각도에 대한 연구는 주로 인장 및 전단 특성에 집중되어 있으며, 실험한 직물 또한 대부분 면섬유나 합성섬유의 평직물로 바이어스 각도에 따른 견직물에 대한 연구는 거의 없다. 섬유는 종류에 따라 성질이 다르기 때문에 다른 섬유 직물에 대한 연구가 의미 있을 것으로 사료되어 본 연구는 강도와 신도가 우수하고 고급 소재에 주로 사용되는 견직물을 통하여 바이어스의 각도에 따른 역학적 성질의 변화를 살펴보고 변화에 영향을 미치는 원인들을 알아보고자 한다.

따라서 본 연구의 문제는 다음과 같다

- 1) 다양한 각도의 바이어스 방향으로 재단된 견직물의 역학적 특성의 변화를 측정한다.
- 2) 견직물을 구성하는 경/위사의 구조적 특성에 따라 바이어스 각도 별 역학적 성질이 어떻게 작용되는 살펴본다.
- 3) 견직물의 조직 형태에 따른 바이어스 각도 별 역학적 성질의 차이를 살펴본다.

II. 실험

1. 시료

국내에서 시판되는 100% 견직물 중 6종을 선택하였다. 시료 6종 중 4종은 평직이고 2종은 2/2능직과 5매 수자직 각각 1종씩으로 구성되었으며 평직의 경우 밀도가 동일한 시료를 사용하였고, 능직 및 수자직은 평직의 1종과 중량이 동일한 것을 사용하였다. 사용된 시료의 특성은 Table 1과 같다. 각 시료의 특성 분석 중 밀도 분석은 KS K ISO 7211-2:2011의 B법으로 측정하였고 직물의 두께는 Dial thickness gauge No.2046F (Mitutoyo, Japan)로 측정하였다.

Table 1. Characteristics of fabric

Sample	Fiber type	Weave type	Density (inch ²)	Weight		Thickness (mm)
				(g/m ²)	m/m	
A	Silk 100%	Plain	150 x 105	25.8±2	6	0.08
B			150 x 105	34.4±2	8	0.10
C			150 x 105	51.6±2	12	0.12
D			150 x 105	68.8±2	16	0.15
E		2/2 twill	166 x 117	68.8±2	16	0.16
F		5-end satin	336 x 131	68.8±2	16	0.18

직물에 사용된 실의 변수는 KS K 0425:2011의 A법에 따라 계산되었으며 실의 꼬임은 KS K ISO 7211-4:2015에 의해 측정되었다.

피복도는 육영수(1991)의 저서에서 설명된 직경 변수 방식의 피복도 계산식을 활용하였으며 그 식은 아래와 같다.

$$K=cn\sqrt{N}$$

여기서 c는 상수로 denier의 경우 0.01375이고 N은 실 변수(denier), n은 밀도를 나타낸다.

이와 같은 내용을 바탕으로 직물에서 얻은 실과 피복도에 대한 특성은 Table 2에 나타나있다.

Table 2. Characteristics of fabric yarn

Sample	Filament	Yarn count (denier)	Twist (turns/m)	Cover factor	
A	Warp	21	S 20	9.45	18.58
	Weft	40/2	S 160	9.13	
B	Warp	30/2	S 30	11.3	20.88
	Weft	44/2	S 160	9.58	
C	Warp	36/2	S 30	12.38	22.38
	Weft	48/2	S 160	10	
D	Warp	48/2	S 60	14.29	24.7
	Weft	52/3	S 160	10.41	
E	Warp	55/2	S 20	16.93	29.49
	Weft	61/2	S 160	12.56	
F	Warp	34/2	S 20	26.94	36.81
	Weft	30	S 200	9.87	

2. 실험 방법

2.1. 실험편 준비

준비된 각 시료는 Figure 1과 같이 각 시료당 0° ~ 165° 까지의 각도를 15° 씩 차이를 두어 $20 \times 20\text{cm}$ 의 크기로 재단하였다. 모든 실험편은 재단 전 다림질 및 세탁처리를 하지 않았으며 재단으로 인해 발생된 피로의 영향을 최소화하기 위하여 재단 후 24시간 동안 평평한 곳에서 컨디셔닝하여 측정하였다.

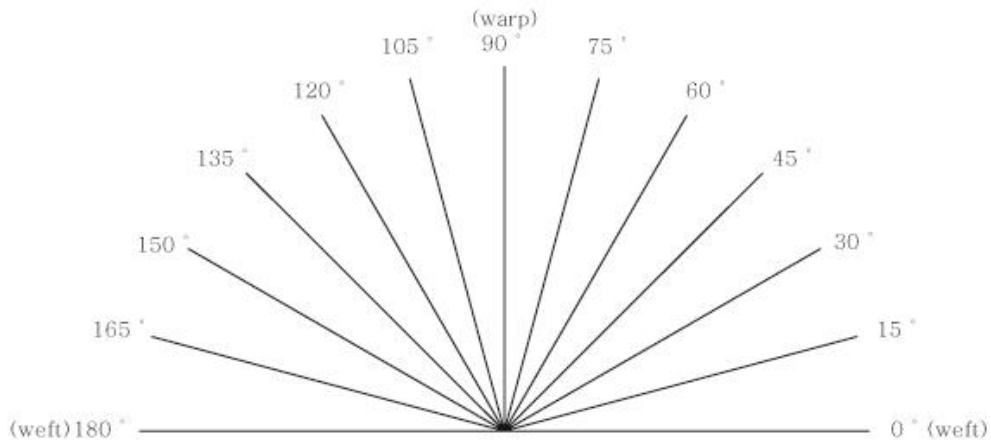


Figure 1. Measured bias directions

2.2. 역학적 특성 측정

KES-FB system(KATO, Tech. Co. Ltd.)을 사용하여 인장, 전단, 굽힘, 표면 특성을 측정하였다. 이에 따른 역학적 특성치를 열거하면 Table 2와 같다. 모든 실험은 표준상태($20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ $65 \pm 2\%\text{RH}$)에서 실시되었고, 각 시료 별로 총 3회씩 반복 측정하여 그 평균치를 산출하였다.

Table 3. Parameters of mechanical properties

특성	표시	설명	단위	측정장치
인장 특성	LT	인장선형도 (Linearity)	—	KES- FB1
	WT	인장에너지 (Tensile energy)	gf · cm/cm ²	
	RT	인장회복도 (Resilience)	%	
굽힘 특성	B	굽힘강성 (Bending rigidity)	gf · cm ² /cm	KES- FB2
	2HB	굽힘이력 (Bending hysteresis)	gf · cm ² /cm	
전단 특성	G	전단강성 (Shear stiffness)	gf/cm · deg	KES- FB1
	2HG	$\phi = 0.5^\circ$ 에서의 전단이력 (Hysteresis of shear force at 0.5 degree)	gf/cm	
	2HG5	$\phi = 5^\circ$ 에서의 전단이력 (Hysteresis of shear force at 5degree)	gf/cm	
표면 특성	MIU	마찰계수 (Coefficient of friction)	—	KES- FB4
	MMD	MIU의 평균편차 (Mean deviation of MIU)	—	
	SMD	기하학적 거칠기 (Geometrical roughness)	μ m	

2.2.1. 인장 특성 (Tensile Property)

KES-FB1 인장/전단 시험기에서 길이 방향으로 인장 변형이 가해지며 폭 방향의 변형률은 시료가 옆으로 긴 모양을 하므로 거의 0(zero)에 가깝다. 변형률 $4.00 \times 10^{-3}/\text{sec}$ 로 일정하게 유지하면서 시료를 최고 500gf/cm의 하중까지 인장한 후 그 회복과정을 측정하였다. 한번의 인장 회복 주기 동안 인장선형성(LT), 인장에너지(WT), 인장회복성(RT)을 측정하였다.

2.2.2. 전단 특성

KES-FB1 인장/전단 시험기에서 전단력과 직각 방향으로 일정 장력이 가해지며 이 때의 변형은 무긴장 이축 인장(strip biaxial tensile)과 무긴장 이축 전단(strip biaxial shear)의 중복된 변형이다. 최대 전단각이 8도, 전단 변형률은 0.417mm/sec로 $1^{1/2}$ 의 bending cycle동안 전단 강성(G), 전단각 0.5도에서의 전단 이력(2HG), 전단 각도 5도에서의 전단 이력(2HG5)을 측정하였다.

2.2.3. 굽힘 특성

KES-FB2 굽힘 시험기로 -2.5 와 2.5cm^{-1} 의 사이에서 일정한 곡률 변화율($0.50\text{cm}^{-1}/\text{sec}$)에 따라 굽힘이 일어난다. 중력의 영향을 방지하기 위해 시료를 수직으로 놓으며, $1^{1/2}$ 의 bending cycle동안 굽힘 강성(B), 굽힘 히스테리시스(2HB)를 측정하였다.

2.2.4. 표면 특성

KES-FB4 표면 마찰 시험기는 표면 거칠기의 측정에 사용되는 접촉자(contactor)의 지름이 0.5mm인 피아노선으로 만들어져 있고, 스프링 상수가 $25 \pm 1\text{gf/mm}$ 인 스프링에 의해 가해지는 10g의 접촉력(허용오차 $\pm 0.5\text{g}$)하에서 사용하였다. 표면 마찰은 거칠기 측정에 사용된 피아노선과 동일한 선 10개로 만들어진 접촉자로 50gf의 압축력으로 측정하였다.

3. 자료 분석

본 연구 문제 검증을 위해 SPSS(statistics Package for Social Science) for window 22.0의 통계패키지를 사용하여 분산 분석, 상관 분석 및 Duncan test를 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 바이어스 각도에 따른 영향

직물은 이방성을 갖기 때문에 측정 방향에 따라 결과가 다르다. 이에 견직물들을 경사(90°)와 위사(0°)방향과 10개의 바이어스 방향(15° , 30° , 45° , 60° , 75° , 105° , 120° , 135° , 150° , 165°) 총 12개의 방향을 달리하여 역학적 성질의 변화를 살펴보았다.

1.1 인장 특성

인장 특성은 외력에 의한 신장성 및 회복성을 나타내는 것으로 실의 선밀도, 경위사의 올수, 크림프 등과 같은 특성에 영향을 받는다(오애경, 1993) 인장선형도(LT)값은 1에 가까울수록 하중신장곡선이 직선에 가깝다는 것을 의미(이명희, 2003)한다. 인장에너지(WT)값은 클수록 인장시 높은 에너지가 필요한 것을 뜻하며, 인장회복도(RT)값은 클수록 회복성이 커서 안정성이 좋은 것(성수광, 1987)을 나타낸다.

Figure 2에 나타난 인장선형도(LT)의 결과를 보면, 대부분의 직물에서 대체로 경사 방향(90°)에서 낮은 값을 갖고 위사 방향(0°)으로 갈수록 값이 상승하는 U자형 곡선에 가까운 형태를 나타내어 위사 방향이 경사 방향보다 더 잘 늘어나는 것으로 나타났다.

Figure 3의 인장에너지(WT) 측정치에서도 역시 90° 방향을 중심으로 대칭형의 곡선을 나타내었다. A, B, C, E 직물에서 경향이 비슷하게 나타났는데 75° , 105° 에서 값이 낮아졌다가 45° , 90° , 135° 부근에서 값이 상승하고 0° 에서 값이 다시 낮아지는 형태를 나타내었다. 직물 D와 F의 경우는 실의 구조적 특성 및 직물 조직에 따른 영향이 크게 작용되었을 것으로 고려되며 이에 대한 부분은 뒤에서 자세히 고찰을 하고자 한다.

반면, Figure 5에서 나타난 인장회복도(RT)곡선에서는 바이어스

각도에 따른 특징적인 경향성을 찾을 수 없었다.

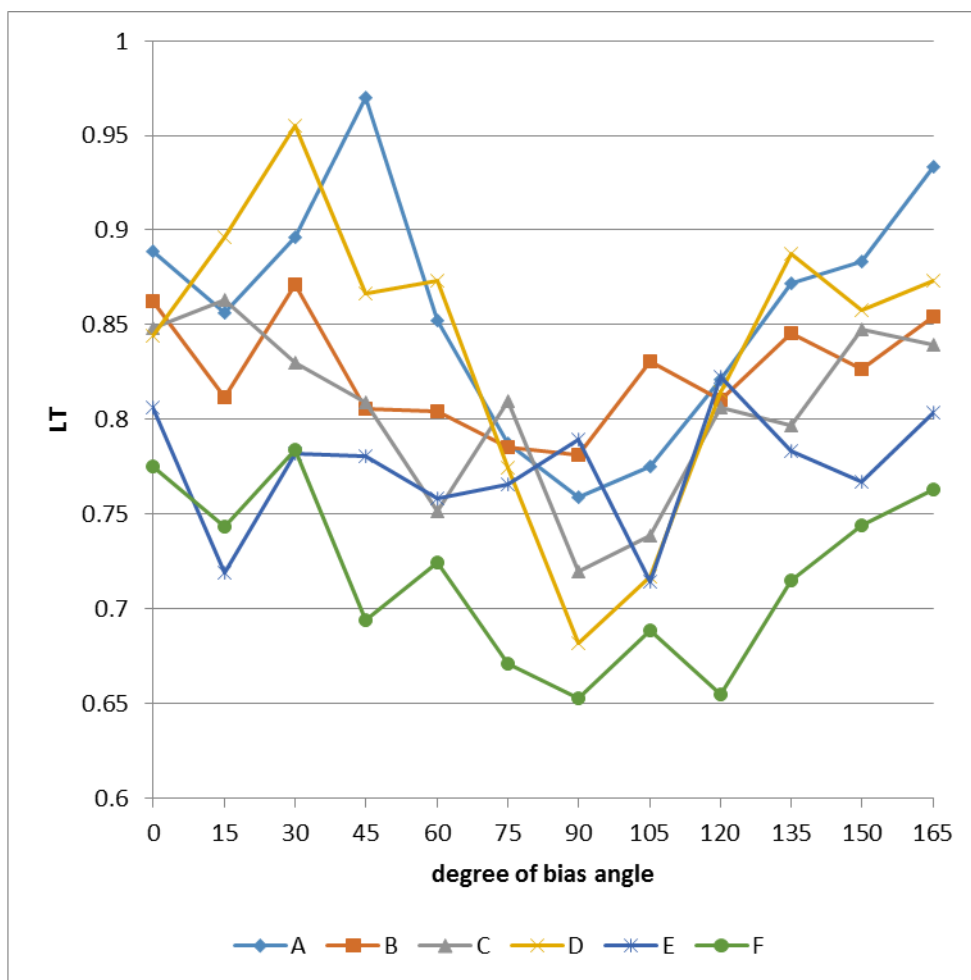


Figure 2. Tensile linearity (LT) of silk fabrics according to various bias angles

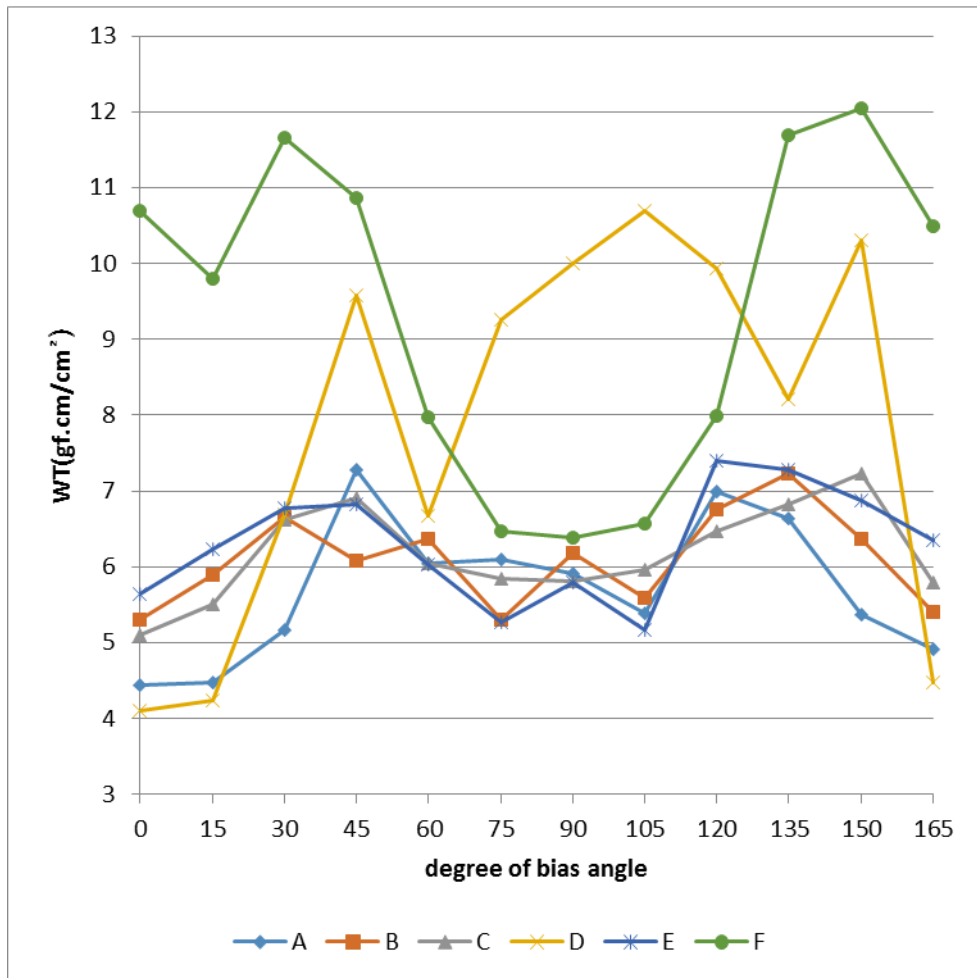


Figure 3. Tensile energy (WT) of silk fabrics according to various bias angles

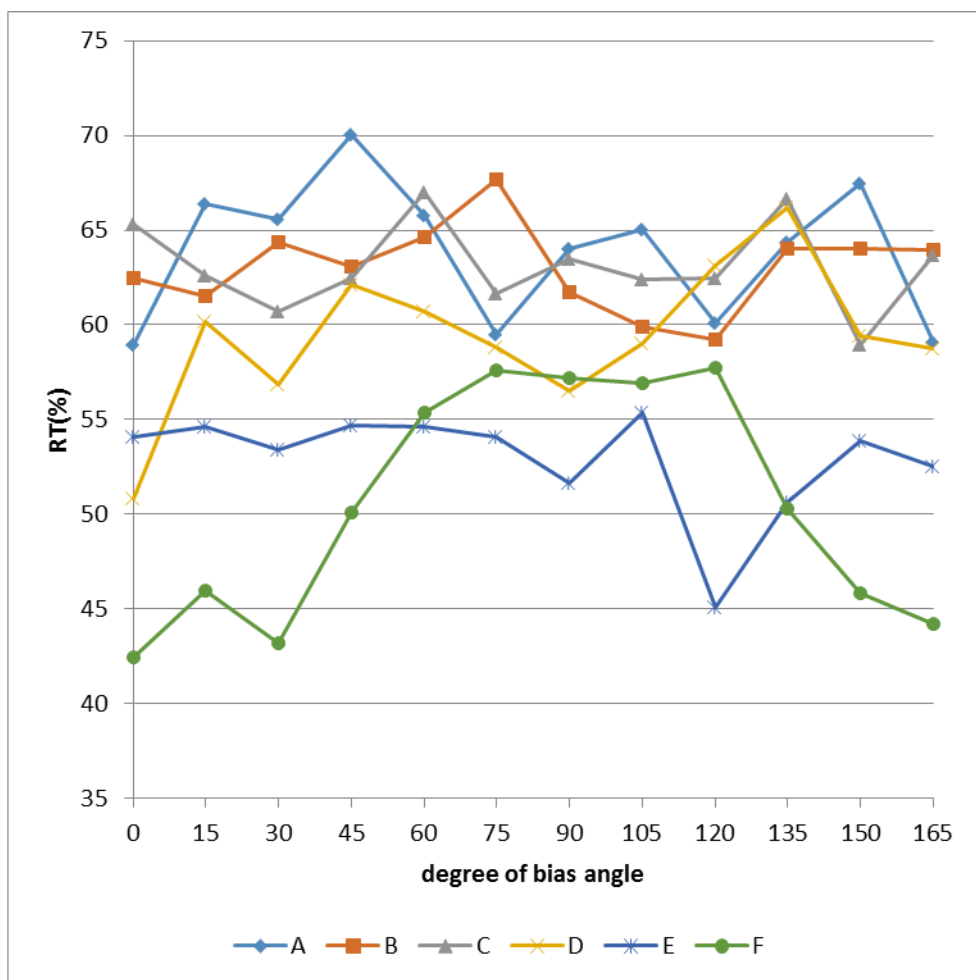


Figure 4. Tensile resilience (RT) of silk fabrics according to various bias angles

1.2. 전단 특성

전단 특성은 경, 위사의 교차점 수, 접촉압의 영향을 받는다(홍지명, 1996). 전단강성(G)값이 크면 드레이프성이 작고 종이 같은 성질을 갖는 것을 의미하고, 전단 이력(2HG, 2HG5)의 값이 작으면 변형에 따른 회복성이 크다는 것을 나타낸다.

전단 특성의 경우 세 가지의 파라미터 모두에서 0° , 90° 에서 최저 값을 갖고 45° 와 135° 에서 다시 낮아지는 형태를 갖는다.

Figure 5에 나타난 전단 강성(G)의 경우, A, B, C, E, F 직물에서 90° 를 중심으로 대칭에 가까운 형태를 나타내었는데 A, B, C, E 직물이 15° , 75° , 105° , 150° 에서 큰 값을 갖는 유사한 경향성을 보였으며 경/위사의 packing과 연관성이 높은 것으로 고려된다.

Figure 6의 0.5 전단 각도에서의 이력(2HG)에 대한 그래프를 보면, $0^\circ \sim 45^\circ$, $135^\circ \sim 165^\circ$ 각도에 따른 경향성이 직물 종류에 상관없이 유사하지만 $45^\circ \sim 135^\circ$ 에서만 직물 종류에 따른 차이가 나타났다. 이것은 실의 특성과 연관이 클 것으로 사료되고, 이에 대한 설명은 뒤에서 더 자세히 다루고자 한다.

Figure 7에서 나타나는 5 전단 각도에서의 이력(2HG5)은 전단 특성의 세 파라미터 중 각도에 따른 경향이 일관성있게 나타났다. 경/위사를 중심으로 대칭인 방향에 따른 측정 결과 값은 정확하게 동일하지는 않으나 15° , 75° , 105° , 165° 에서 높은 값을 갖고 0° , 45° , 90° , 135° 에서 낮은 값을 갖는 경향성이 직물 별로 차이가 적고 유사한 형태로 나타났다.

세 가지 특성을 바탕으로 견직물의 경우, 경사와 위사 방향, 그리고 바이어스 방향 중에서는 45° 에서 드레이프성이 좋고 구김이 잘 안 생기는 반면, 45° 를 제외한 대부분의 바이어스 방향에서는 볼륨 있는 실루엣을 만들기 용이한 것을 확인 할 수 있다.

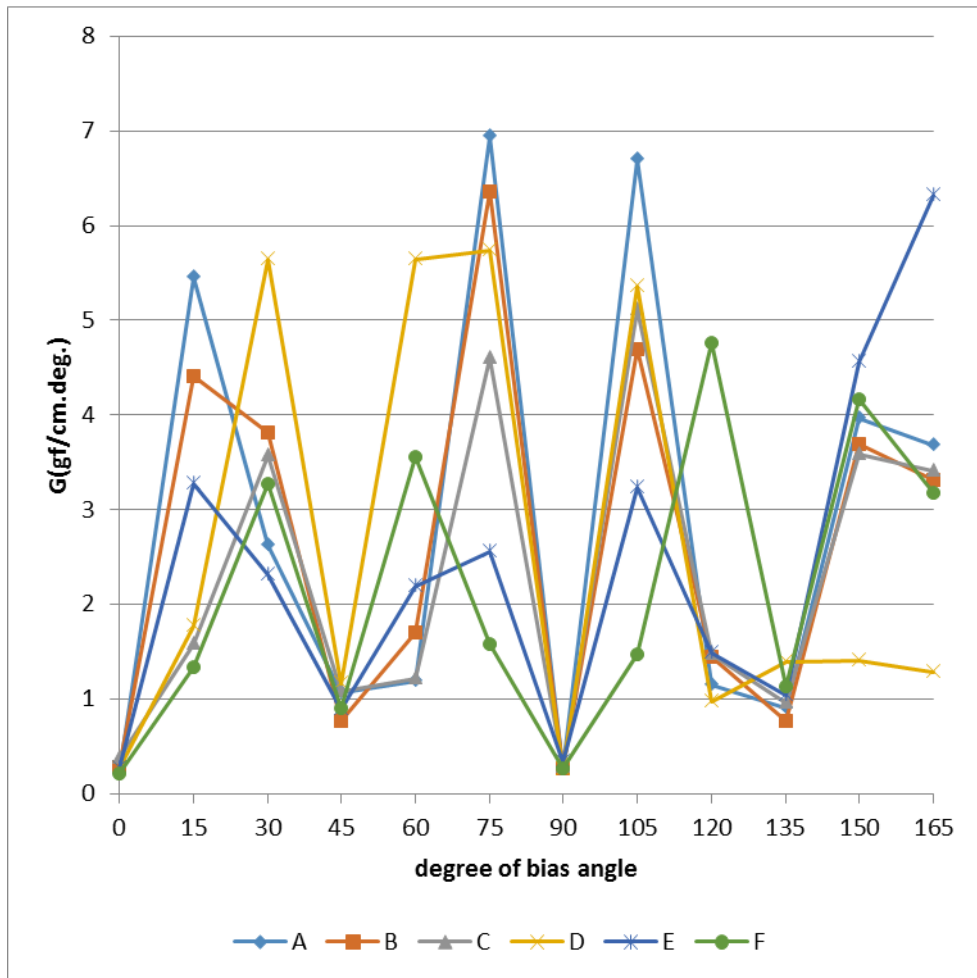


Figure 5. Shear rigidity(G) of silk fabrics according to various bias angles

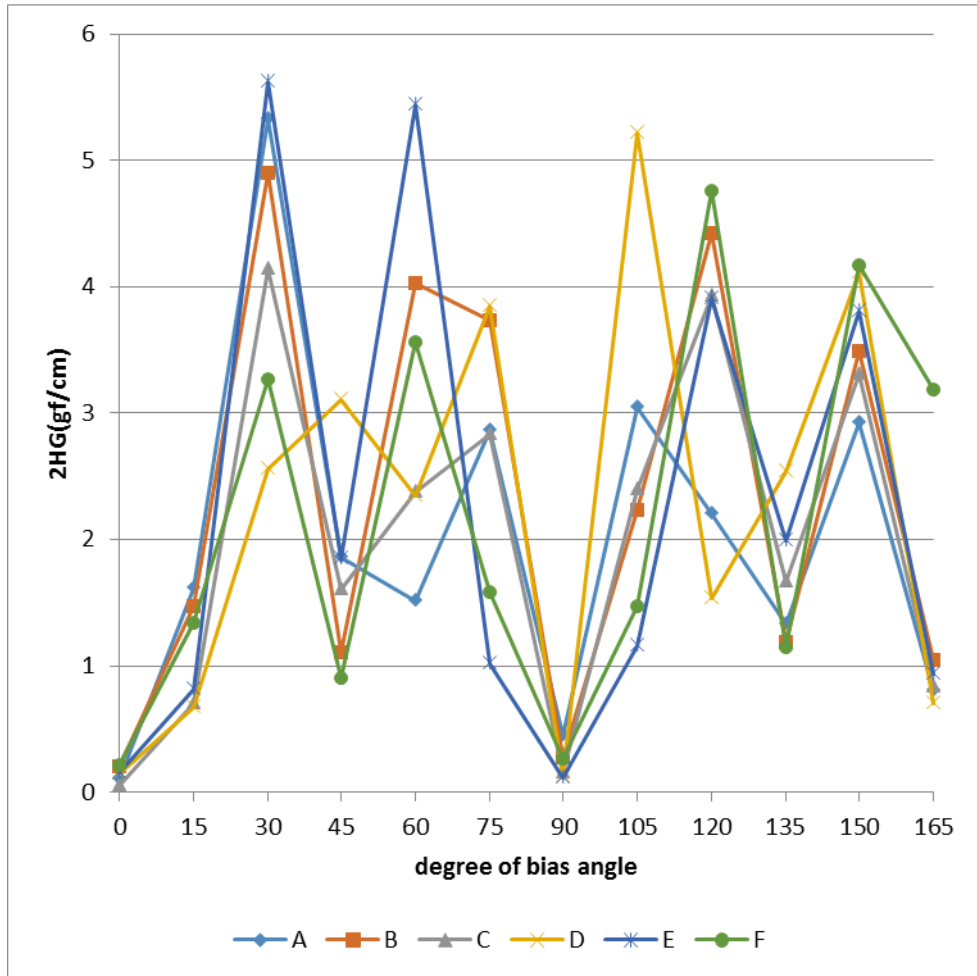


Figure 6. Shear hysteresis of silk fabrics at $\phi=0.5^\circ$ (2HG) according to various bias angles

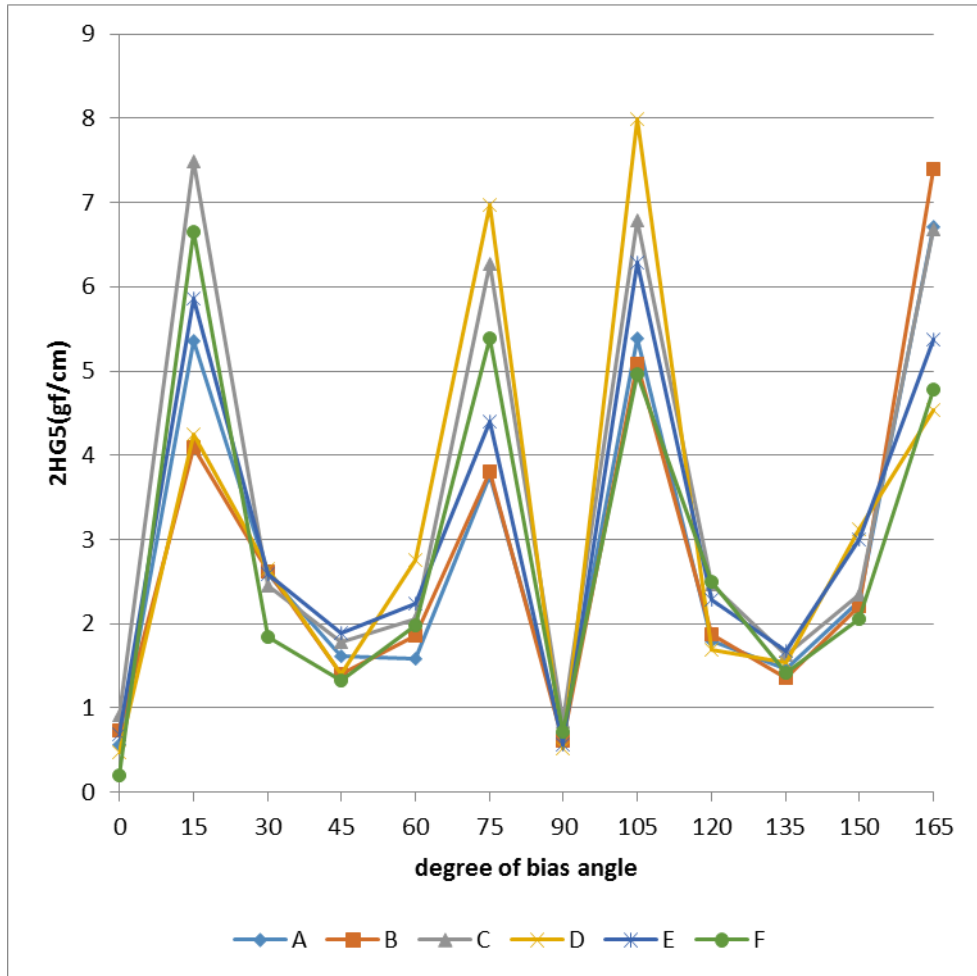


Figure 7. Shear hysteresis of silk fabrics at $\phi=5^\circ$ (2HG5) according to various bias angles

1.3. 굽힘 특성

직물의 굽힘 특성은 전단 특성과 함께 직물의 태, 드레이프성, 의복 형성 성능과 형태 유지, 의복의 외관과 구김 회복성 등의 특성을 결정짓는 중요한 성질이다(오애경, 1993). 굽힘 강성(B)이 크다는 것은 직물이 뻣뻣하고 탄성이 크고 의복의 형태 유지가 잘 된다는 것을 의미하고 굽힘 이력(2HB)은 작을수록 천의 탄력이 풍부하고 신체 곡선이 강조되는 실루엣을 형성(권현선, 1998)한다.

굽힘 특성에서는 직물에 따라 다소 차이 있으나 굽힘 강성과 굽힘 이력 모두 90° 를 중심으로 대체로 대칭에 가까운 형태를 보였다.

Figure 8의 굽힘 강성(B) 결과를 보면, 직물 별로 값의 변화가 나타나는 정확한 각도는 차이가 있으나 F직물을 제외하고 경사 방향(90°)에서 낮은 값을 갖고 위사 방향(0°)으로 갈수록 값이 상승하는 형태를 갖는다. 그 중에서 B, C, E직물의 경우는 90° 에서 $\pm 45^\circ$ 사이에서 값이 상승하였다가 감소하는 형태를 이루고 다시 0° 에서 값이 상승하였다가 45° , 135° 에서 값이 낮아진 후 다시 15° 와 165° 에서 값이 최대 값을 곡선을 나타내었다. 즉, 위사 방향에서 15° 틀어진 방향에서 굽힘 강성이 높아 형태 유지가 잘 될 것으로 고려된다.

Figure 9의 굽힘 이력(2HB)은 D직물을 제외하고 대부분의 직물에서 $45^\circ \sim 75^\circ$ 와 $135^\circ \sim 150^\circ$ 에서 가장 낮은 값을 갖고 0° 와 90° 에서 값이 상승하는 W자형 곡선을 그린다. 즉, 경사와 위사 방향에서 직물의 회복성이 높아 곡선 실루엣을 잘 형성한 다는 것을 알 수 있다.

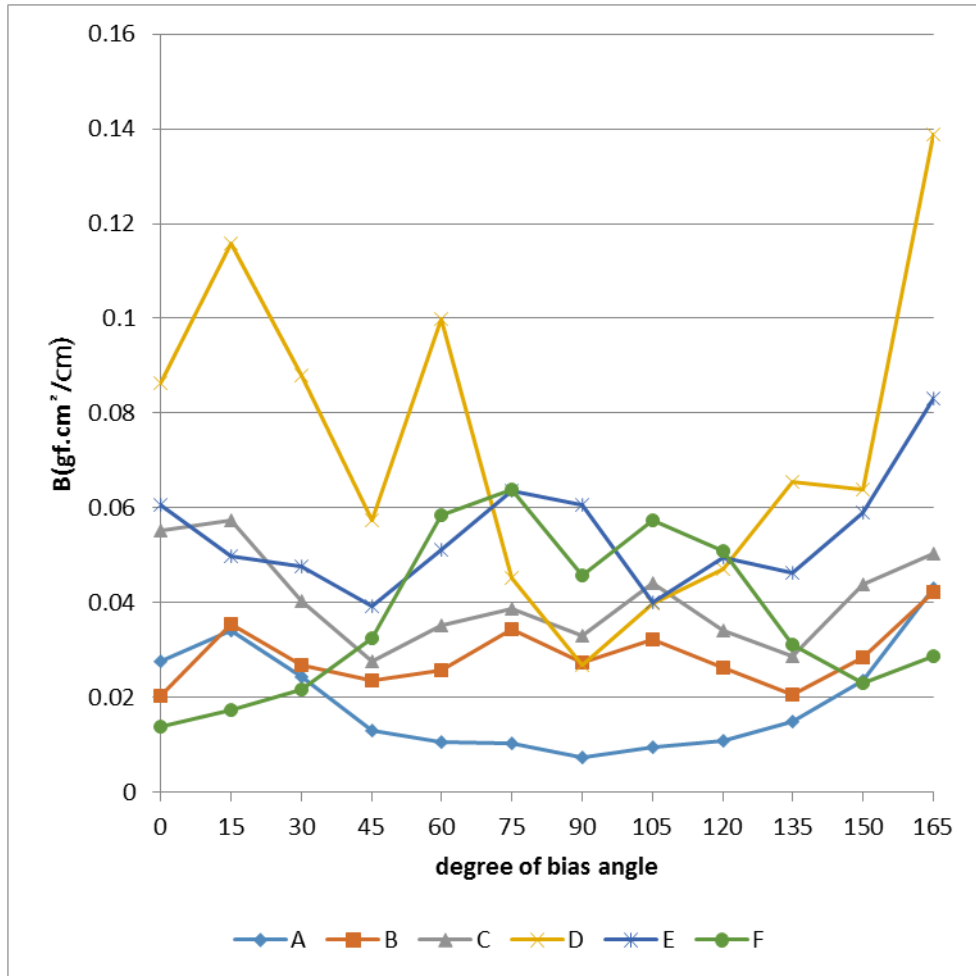


Figure 8. Bending rigidity (B) of silk fabrics according to various bias angles

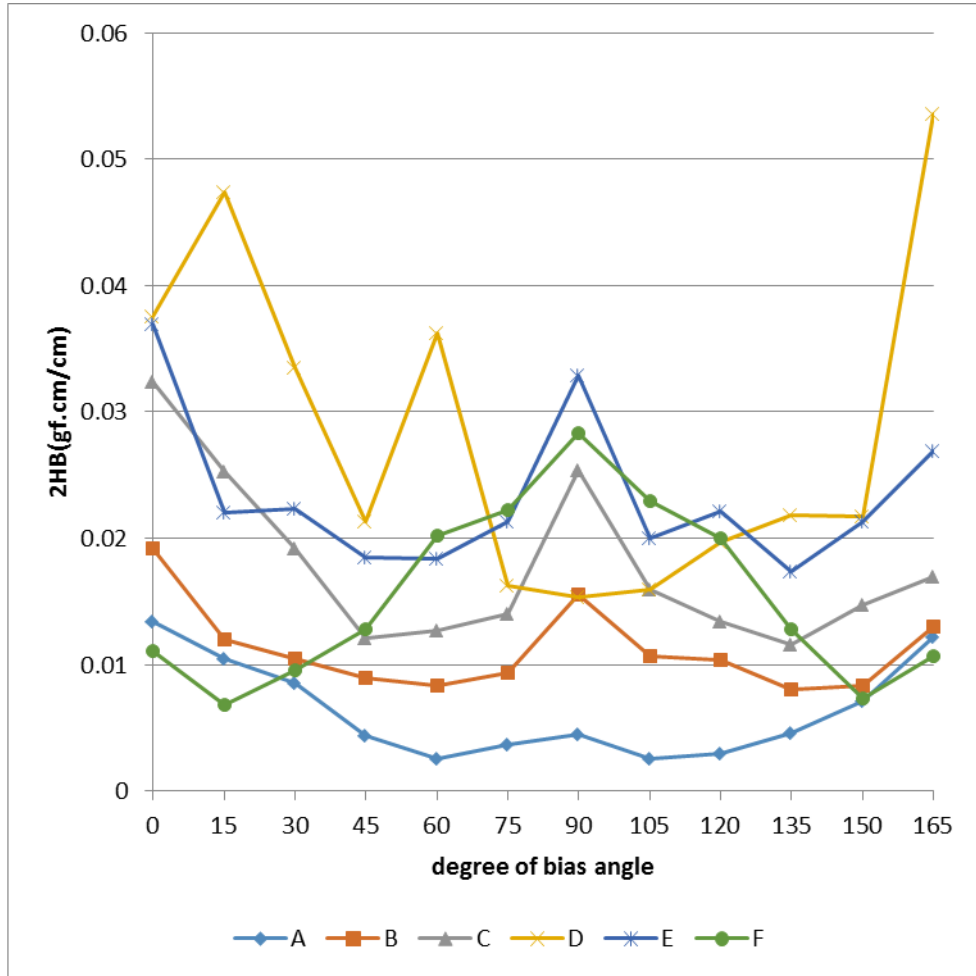


Figure 9. Bending hysteresis (2HB) of silk fabrics according to various bias angles

1.4. 표면 특성

표면 특성에서 측정된 세 가지의 파라미터는 마찰계수(MIU), 마찰계수의 평균 편차(MMD), 기하학적 거칠기(SMD)로 MIU값이 낮을수록 매끄럽고, SMD값이 낮을 수록 표면의 굴곡이 균일한 것을 의미한다.

Figure 10에서 보여지는 마찰계수(MIU) 파라미터에서는 직물 E, F는 90° 에 가까울수록 감소하는 U자형 곡선에 가까운 형태를 그리고 직물 A, B, C, D는 각도에 따른 일정한 경향성은 나타내지 않았다.

Figure 11과 12에서 관측되는 MMD와 SMD의 결과에서 공통적인 특징을 나타내었다. E, F 직물을 제외한 견직물에서 경사방향(90°)에서 최고 값을 나타내었고 위사 방향(0°)에서 두 번째로 높은 값을 나타내었다. 반면에 바이어스 각도 $15^\circ \sim 75^\circ$, $105^\circ \sim 165^\circ$ 에 따른 파라미터 값의 차이가 적게 나타났고, 0° 와 90° 보다 낮은 값을 보였다. E, F 직물에서는 $75^\circ \sim 105^\circ$ 각도 범위 내에서 A, B, C, D 직물들과 달리 값이 감소하는 경향성을 보였으며 이는 직물의 조직 형태와 연관성이 있는 것으로 사료되며 이 부분에 대한 고찰은 조직 형태의 영향에서 더 자세히 설명하고자 한다.

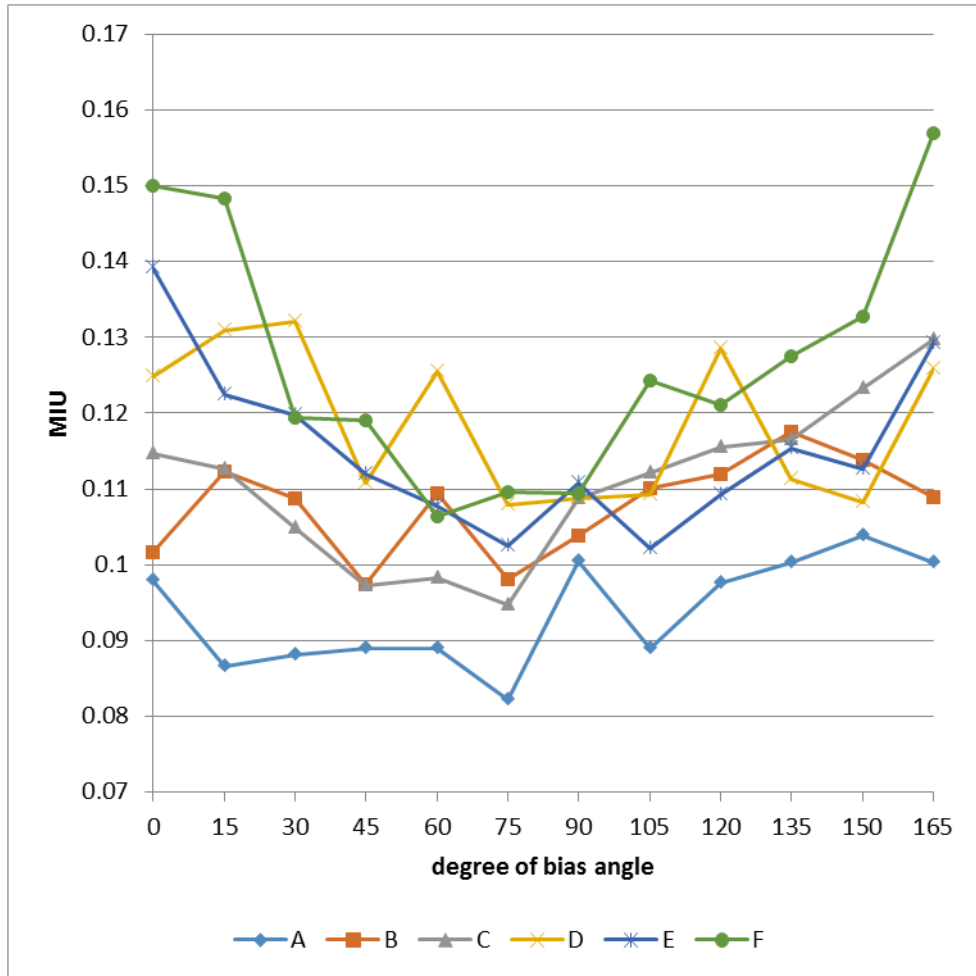


Figure 10. Coefficient of friction (MIU) of silk fabrics according to various bias angles

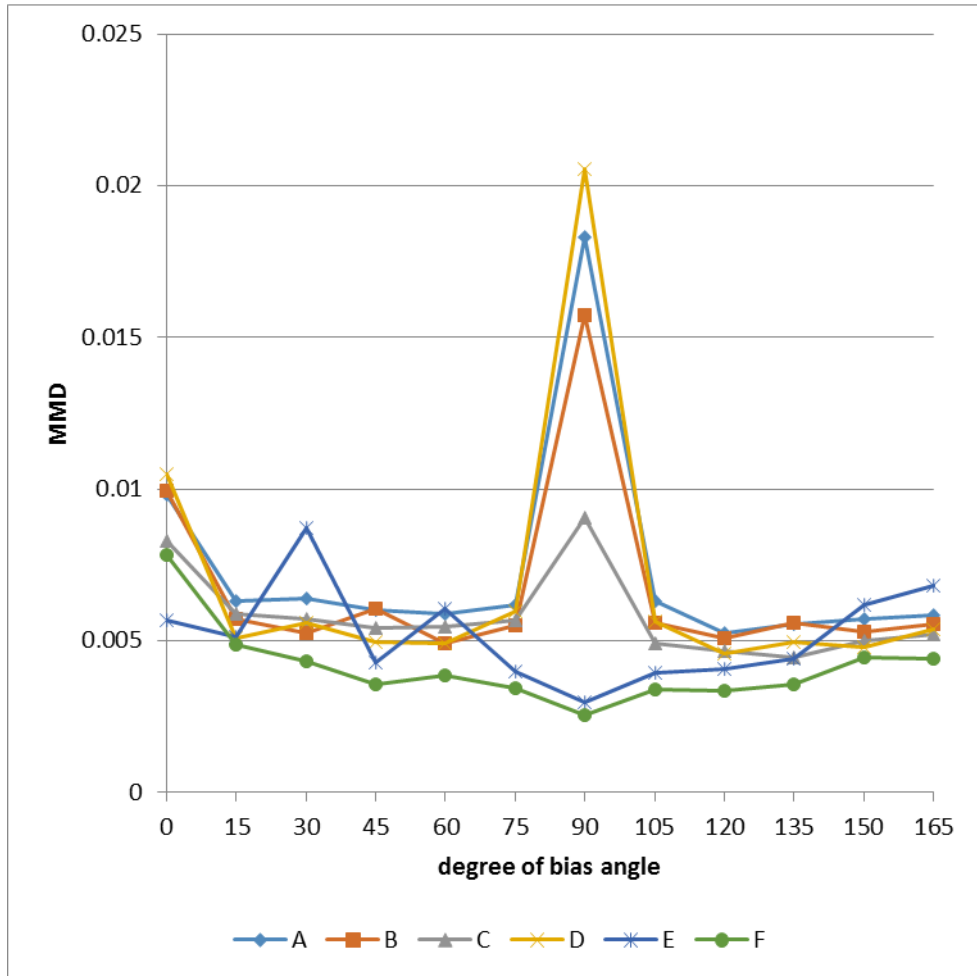


Figure 11. Mean of MIU (MMD) of silk fabrics according to various bias angles

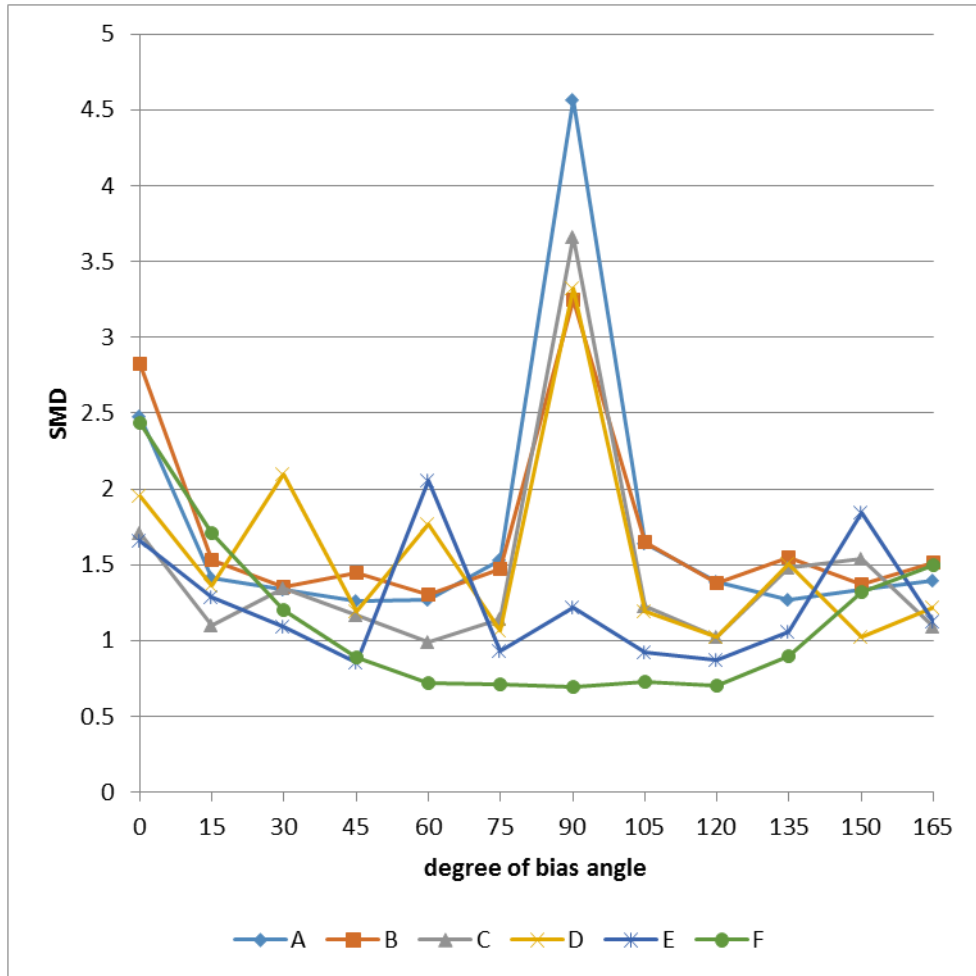


Figure 12. Geometrical roughness (SMD) of silk fabrics according to various bias angles

1.5. 통계 분석

바이어스 각도에 따른 역학적 특성 변화의 관계성을 통계적 수치로 살펴보기 위하여 SPSS 22.0을 사용하여 분석해보았다. Table 4는 다양한 측정 각도와 역학적 특성치 간의 상관관계를 나타낸 결과이다.

Table 4. Pearson correlation coefficient

		LT1	WT1	RT1	G1	HG2	HG5
angle	Pearson correlation coefficient	-0.088	.135*	0.027	.180**	0.102	.188**
	Significant probability	0.198	0.047	0.690	0.008	0.136	0.005
	N	216	216	216	216	216	216
		B1	HB2	MIU1	MMD1	SMD1	
angle	Pearson correlation coefficient	0.033	-0.125	0.077	-.138*	-.138*	
	Significant probability	0.625	0.067	0.259	0.043	0.043	
	N	216	216	216	216	216	

*. 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의합니다.

**. 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의합니다.

각도와 특성치 간의 상관 관계에서 인장에너지(WT), 전단 강성(G), $\theta=5^\circ$ 에서의 전단 이력(2HG5)에서는 정적 상관 관계를 나타내었고, MIU의 평균 편차(MMD)와 기하학적 거칠기(SMD)에서는 부적 상관 관계를 나타내었다. 그러나 상관 관계를 갖는 특성치들에 대해서 대부분 ± 0.2 이내의 수치를 보여 비교적 낮은 연관성을 갖는 것으로 나타났다.

한편, 6종 직물의 역학적 성질별 각도의 효과의 타당성을 살펴보기 위하여 분산분석과 Duncan test를 실시하였고 그 결과를 토대로 분류한 결과는 Table 5와 6과 같다.

Table 5. Results of ANOVA according to bias directions

	Sum of squares	df	Mean square	F-value	Sig.
LT1	.376	11	.034	4.241	.000
WT1	135.888	11	12.353	3.159	.001
RT1	543.164	11	49.379	.728	.711
G1	462.065	11	42.006	17.108	.000
HG2	366.453	11	33.314	21.914	.000
HG5	831.716	11	75.611	46.370	.000
B1	.019	11	.002	2.630	.004
HB2	.003	11	.000	2.728	.003
MIU1	.011	11	.001	5.496	.000
MMD1	.001	11	.000	7.545	.000
SMD1	53.636	11	4.876	15.763	.000

Table 6. Grouping of bias directions by Duncan test

LT	90	105	75, 120	60	15, 45, 135, 150	0, 30, 165		
WT	0, 15, 75, 105, 165	30, 60, 90, 120	45,135,150					
RT	0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165							
G	0, 90	15	45	60	120	135	30, 150, 165	75, 105
2HG	0, 15, 90, 165	45, 135	75, 105	120	60, 150	30		
2HG5	0, 90	30, 45, 60, 120, 135, 150	75	15, 165	105			
B	0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150,	165						
2HB	0	15	30, 60, 90	165	45, 75, 105, 120, 135, 150			
MIU	75	45	60, 90, 105	30, 120	135, 150	0, 15	165	
MMD	0	90	30	15, 45, 60, 75, 105, 120, 135, 150, 165				
SMD	0	90	15, 30, 45, 60, 75, 105, 120, 135, 150, 165					

인장회복도(RT)는 분산분석과 Duncan test 모두에서 각도에 따른 차이가 없는 것으로 나타났으며 이 결과는 Figure 4를 통해 살펴본 결과와 유사하여 결과의 신빙성을 높여주었다. 또한 두 각도에서의 전단 이력(2HG, 2HG5)은 99.9%의 신뢰 수준으로 각도에 따른 차이가 있는 것으로 나타났는데, Duncan test를 통해 살펴본 결과 경사 방향(90°)를 중심으로 봤을 때, 차이가 비슷한 각도, 예를 들어, 45° 와 135° , 15° 와 165° 와 같은 각도에서 유사한 경향성을 갖는 그룹으로 분류되어 Figure 6, 7에서 조사한대로 대칭적인 형태를 갖는다는 결론에 대해 타당성이 있음을 나타내었다. 또한 마찰계수의 평균 편차(MMD)와 기하학적 거칠기(SMD)의 경우에도 분산분석 결과 99.9%의 신뢰 수준으로 각도에 따른 차이가 있는 것으로 나타났으며 Figure 11, 12를 통해 0° 와 90° 에서 차이를 나타내고 다른 각도에서는 값의 차이가 미미한 것을 나타낸 것을 발견하였는데, Duncan test를 통해서도 그와 유사한 결과를 나타내어 결론의 타당성을 뒷받침하였다

1.6. 결과 요약

바이어스 각도에 따른 견직물의 역학적 성질의 변화는 전단 특성에서 직물에 따른 차이가 거의 없이 일관적으로 나타났다. 모든 견직물에서 0° , 90° 에서 최저 값을 갖고 45° 와 135° 에서 다시 낮아지는 형태를 보였으며 이는 경/위사 방향을 제외한 45° 와 135° 의 바이어스 각도에서 가장 드레이프성이 좋고 이를 제외한 나머지 바이어스 방향에서는 볼륨감 있는 실루엣 형성에 용이한 것을 의미한다.

인장 특성에서는 인장선형도(LT)에서 90° 에서 낮은 값을 갖고 위사 방향으로 갈수록 값이 상승하는 U자형 곡선을 나타내어 90° 에서 경사 방향의 착용 좋은 것을 알 수 있었으며, 굽힘 특성에서는 D직물을 제외하고 대부분의 직물에서 $45^\circ \sim 75^\circ$ 와 $135^\circ \sim 150^\circ$ 에서 가장 낮은 값을 갖고 0° 와 90° 에서 값이 상승하는 W자형 곡선을 그린다. 즉, 경사와 위사 방향에서 직물의 회복성이 높아 곡선 실루엣을 잘 형성한 다는 것을 알 수 있다. 표면 특성의 결과를 바탕으로는 견직물의 경우 표면의 거칠기는 경사방향에서 가장 큰 것을 알 수 있었다.

통계를 통해 살펴본 각도에 대한 특성치와의 관계는 WT, G, 2HG가 부적 상관관계를 갖고, MMD, SMD는 정적 상관관계를 갖는다. 또한 RT의 경우는 각도에 따른 연관성은 없는 것으로 나타났다.

2. 실 구조에 따른 영향

바이어스 각도에 따른 영향을 검토한 결과, 실 구조가 역학적 특성에 영향을 주는 요인으로 판단되었다. Sengupta 등(1972)의 면직물에 대한 연구 결과에서도 역학적 성질의 차이는 경/위 방향 구성사의 영향을 받는다고 한 바 있으며 이에 따라 밀도와 조직이 동일하지만 실 구조의 차이가 있는 네 평직물 A, B, C, D를 중심으로 Figure 2~12의 결과와 SPSS를 활용한 통계 결과를 통하여 살펴보았다. A, B, C, D 직물의 실의 변수와 꼬임의 특징은 Table. 2에 제시되어 있다.

2.1. 인장 특성

A, B, C, D 직물의 인장 특성치에 대한 분산분석의 결과는 다음 Table 7과 같다.

Table 7. ANOVA results of tensile properties of sample A, B, C, D.

	Sum of squares	df	Mean square	F-value	Sig.
LT1	0.054	3	0.018	2.177	0.093
WT1	79.483	3	26.494	9.772	0.000
RT1	450.698	3	150.233	4.939	0.003

인장 특성 중에서 WT와 RT에서 4직물에 따른 차이가 있는 것으로 나타났다. 하지만 통계치는 각도에 대한 조건을 고려하지 않고 단순히 시료 종류에 따른 통계적 차이만 나타난 것으로 각도와 실 구조에 대한 복합적인 영향은 Figure 2, 3, 4에 나타난 결과를 통해 살펴보았다

Figure 2에서 나타난 인장선형도(LT)의 경우, D직물을 제외한 A, B, C 직물에서 바이어스 각도에 따라서 다소 차이가 있지만, 대체로 실의 섬도가 가장 가는 A직물에서 가장 값이 크고 그 다음으로 B, C 순으로 높은 값을 나타냈다. 하지만 A, B, C, D 모두 대체로 위사 방향(0°)에

서 높은 값을 갖고 경사 방향(90°)에서 낮은 값을 갖는 U자형 곡선을 이루는 공통점이 있어 각도에 따른 경향성의 차이는 없었다. 반면, A, D 직물의 경우 각도에 따른 LT값의 차이가 크고, B, C는 차이가 비교적 적게 나타났으며 그 이유는 B, C 직물의 경우 경/위사 모두 2합사인 반면 A직물은 경사는 단사, 위사는 2합사이고 D직물은 경사는 3합사, 위사는 2합사로 경사와 위사의 합사에 따른 영향이 작용되었을 것으로 추측된다.

Figure 3의 인장에너지(WT) 역시 각도에 따른 차이가 있지만, 대체로 $D > C > B > A$ 순으로 높은 값을 나타내었다. 오애경(1993)은 Cover factor(피복도)가 증가하면 조직이 더 콤팩트 해지므로 인장시키는데 더 많은 에너지가 필요하게 되어 WT값이 증가한다고 하였다. 때문에 A, B, C, D 직물의 경우에도 이와 같은 원인으로 나온 결과라고 생각된다. 다만, D직물의 각도 별 WT값이 $60^\circ \sim 120^\circ$ 각도에서 타 직물과 다른 경향성을 보인 이유는 D직물이 4직물중 유일하게 경사가 3합수로 실 단면의 형태가 원형에 가까워 이 영향을 받은 것으로 사료된다.

Figure 4에서 나타나는 인장회복도(RT)는 각도에 따른 경향성은 나타나지 않았으나 실 구조에 따른 차이가 나타났으며 그 값은 $A=64.8222$, $B=64.4514$, $C=64.1292$, $D=60.4214$ 로 $A > B > C > D$ 순으로 값이 높게 나왔다. 이를 통해 경/위사의 굵기가 얇을수록 실의 자유도가 높아짐에 따라 인장 회복성이 높게 나타내는 것을 확인 할 수 있었다.

2.2 전단 특성

A, B, C, D 직물의 전단 특성치에 대한 분산분석의 결과는 다음 Table 8과 같다.

Table 8. ANOVA results of shear properties of sample A, B, C, D

	Sum of squares	df	Mean squares	F-value	Sig.
G1	6.052	3	2.017	0.388	0.762
HG2	3.445	3	1.148	0.370	0.775
HG5	12.366	3	4.122	0.715	0.545

전단 특성에서는 모두 직물에 따른 차이가 없는 것으로 나타났으며 이는 각도에 따른 결과에서 살펴본 것처럼 각 시료별 경향성의 일치도가 가장 높았기 때문이다. 따라서 Figure 5, 6, 7에 제시되어 있는 결과 중 일부 특징적인 결과들을 중심으로 실 구조의 영향을 살펴보았다.

전단 강성(G)에서 경/위사의 실이 가장 얇은 A직물에서 값이 가장 높게 나타났고, 그 다음으로 D, B, C 직물 순으로 나타났다.

5° 에서의 전단 이력(2HG5)의 값에서는 경사와 위사의 합사 수가 동일한 B, C 직물의 경우, 섬도가 더 굵은 C직물이 더 높게 나타났다. 전단 변형시 경/위사 간의 마찰에 의한 것이기 때문에 실의 굵기가 굵을 경우 교차하는 면적이 증가하여 더 높은 2HG5의 값을 갖게 되는 것으로 생각된다. 이를 통해 직물을 구성하는 실의 굵기가 클수록 변형에 따른 회복성이 더 높은 것으로 나타났다.

2.3. 굽힘 특성

A, B, C, D 직물의 전단 특성치에 대한 분산분석의 결과는 다음 Table 10과 같다.

Table 9. ANOVA results of bending properties of sample A, B, C, D.

	Sum of square	df	Mean square	F-value	Sig.
B1	0.064	3	0.021	47.203	0.000
HB2	0.010	3	0.003	41.964	0.000

굽힘 특성에서는 B와 2HB 모두에서 직물에 따른 차이가 있는 것으로 나타났다. 이에 각도와 실 구조에 대한 복합적인 영향을 Figure 8, 9에 나타난 결과를 통해 살펴보았다.

굽힘 강성(B)의 경우 90° 에서 최소값을 갖고 0° 에 가까울 수록 값이 상승하는 경향성을 나타내었는데 시판되는 평직물 A, B, C, D 모두 위사가 경사보다 굽은 특징이 있었기 때문에 위사 굽기에 따른 영향으로 사료된다. 또한 직물의 굽힘 강성의 수치가 $C > B > A$ 순으로 증가하는 것으로 나타나고 있는데 이 역시 실의 굽기가 A, B, C 세 직물 중 C직물의 경/위사의 굽기가 가장 굽기 때문에 실 간의 간격이 좁아져 직물을 굽히는데 더 많은 힘이 들기 때문이다.

굽힘 이력(2HB)의 경우 D직물의 경우에만 A, B, C와 달리 경사 방향(90°)에서 낮아지는 U형 곡선을 나타내는데 면직물을 사용한 Sengupta 등(1972)의 연구에 따르면 $0^\circ \sim 30^\circ$ 의 경우는 위사의 꼬임 요소에 의해 영향을 받지만 $60^\circ \sim 90^\circ$ 의 경우는 경사의 꼬임 요소에 의한 영향을 받는다고 하였다. 실제로 D 직물의 경우 다른 직물들과 달리 경사의 합사 수가 더 많아 꼬임수가 증가하여 90° 방향에서 A, B, C 직물과 다른 경향성을 보인 것으로 고려된다.

2.4. 표면 특성

A, B, C, D 직물의 전단 특성치에 대한 분산분석의 결과는 다음 Table 10과 같다.

Table 10. ANOVA results of surface properties of sample A, B, C, D.

	Sum of square	df	Mean square	F-value	Sig.
MIU1	0.012	3	0.004	47.224	0.000
MMD1	0.000	3	0.000	0.874	0.456
SMD1	1.538	3	0.513	0.801	0.495

표면 특성은 MIU에서만 차이가 있는 것으로 나타났으며 각도와 실 구조에 대한 복합적인 영향을 Figure 10, 11, 12에서 살펴보았다.

표면 마찰 계수(MIU)의 경우 사용된 실의 굵기가 굵을수록 대부분의 방향에서 값이 높게 나타난 반면 마찰 계수의 평균 편차(MMD)에서는 낮은 값을 나타내었다(Figure 10, 11).

Figure 12의 기하학적 거칠기(SMD)의 값의 경우, A>C>B 순으로 높은 값을 나타냈다. A직물에서 표면 거칠기의 값이 증가한 것은 실의 굵기가 가늘어 실간의 간격이 증가하여 표면요철이 증가한 것으로 보인다.

4개의 평직물 중 D직물에서만 30°에서의 SMD값이 위사보다 높은 값을 나타냈다. 이 이유는 다른 특성들에서 나타난 것과 같이 실 구조가 다른 경사의 영향으로 고려되는데 D직물의 경사는 다른 직물들과는 달리 3합사로 그 형태가 원형에 더욱 가깝다. 또한 실의 굵기 역시 더 굵기 때문에 표면의 굴곡이 증가하여 다른 직물과는 다른 경향성을 나타낸 것으로 보인다.

2.5. 결과 요약

평직물 A, B, C, D에 따른 통계적 결과로는 WT, RT, B, 2HB, MIU에서 유의차가 있는 것으로 나타났으며 각도와 실 구성의 영향을 모두 고려했을 시에는 다음과 같은 결과를 갖는다.

인장 특성 중 인장선형도(LT)는 대체로 실의 섬도가 가늘수록 높은 값을 갖고 경/위사의 합사수가 동일한 것보다 다른 경우에서 각도에 따른 값의 변화가 크게 나타났다. 또한 경/위사의 굵기가 굵어짐에 따라 직물의 피복도가 높아져 더 많은 인장에너지가 요구되며 반면 실의 굵기가 얇을수록 인장회복도는 좋아지는 것으로 나타났다.

전단 특성은 통계적 유의차는 없으나 각도에 따른 시료별 값의 차이가 나타났으며 그 중 전단 이력(2HG)에서 경/위사의 섬도가 굵어질수록 값이 증가하여 회복성이 높은 것으로 나타났다.

굽힘 특성에서는 경/위사의 섬도가 증가함에 따라 실 간의 공간이 더 조밀해지면서 굽힘 강성(B)도 증가하여 직물이 굽어지는데 더 많은 힘이 들게 되었으며

표면 특성에서는 실이 굵어질 수록 표면 마찰 계수(MIU)에서는 더 큰 값을 나타내는 반면 MMD는 반대의 경향을 나타내었으며 경사의 합사수의 증가로 꼬임수가 증가하여 각도에 따른 경향이 다르게 나타났다. 또한 실의 굵기가 매우 가늘 경우 표면 요철의 증가로 표면 거칠기 값이 오히려 증가하였다.

3. 직물 조직 형태에 따른 영향

다음은 동일한 중량을 갖는 서로 다른 조직의 세 직물 D, E, F를 중심으로 살펴보았다. D직물은 평직, E직물은 2/2능직, F직물은 5배 경수자직으로 시판되는 견직물에서는 동일한 밀도 및 실 구조를 갖는 직물이 없었기 때문에 m/m, 즉 중량이 동일한 직물을 가지고 각 특성치 별로 비교하였다.

3.1. 인장 특성

조직 형태에 따른 인장 특성 변화는 Figure 2, 3, 4에 제시되어 있다.

Figure 2에 나타난 인장선형도(LT)의 결과를 보면, 각도에 따라 약간의 순서 차이는 존재하지만 조직 형태에 따른 LT값의 크기는 평직(D)>능직(E)>수자직(F) 순으로 나타났다. 또한 조직 형태별로 각도에 따른 LT값의 편차가 큰 조직은 평직>수자직>능직 순으로 관측됐다.

인장 특성 중 조직 형태에 의한 영향은 Figure 3에 제시되어 있는 인장에너지(WT)에서 크게 나타났다, WT값의 크기를 순서대로 나열하면 수자직>평직>능직으로 높은 값을 갖는 것으로 관측됐다. 인장에너지는 위사 꼬임수가 많을수록, 위사 방향의 회복도가 증가할수록 증가(오애경, 1993)하기 때문에 세 직물 중 위사의 꼬임수가 높은 수자직에서 높은 값이 나타난 것으로 추측된다. 반면 평직물에서 능직물보다 더 높은 값을 갖는 이유는 경/위사의 교차점이 평직에서 더 많아 실의 자유도가 감소하여 변형에 더 많은 에너지가 요구되는 것으로 생각된다.

Figure 4에 나타나있는 인장회복도(RT)의 경우, 60°~150°이 각도를 제외하고 평직>능직>수자직 순으로 높은 값을 갖고,

60° ~ 150°의 각도에서만 수자직 > 능직으로 나타났다. 이는 실험에 사용된 수자직물이 경수자직으로 경사 방향(90°)으로 실이 뜬(float) 형태라 실의 움직임이 더 용이하여 회복성이 좋은 것으로 판단된다.

3.2. 전단 특성

조직 형태에 대한 전단 특성 변화는 Figure 5, 6, 7에 제시되어 있다.

Figure 5에서 나타난 전단 강성(G)에서 조직 별 차이가 나타났는데 대부분의 각도에서 평직물의 G값이 가장 높게 나타났다. 그 이유는 세 조직 중에 가장 경/위사의 교차되는 부분이 가장 많기 때문에 다른 조직보다 경/위사의 자유도가 낮아 변형이 더 어려워진 것으로 생각된다. 또한 각도에 따른 조직 형태별 G값의 경향도 차이가 나타났는데 평직물(D)과 능직물(E)은 경사 혹은 위사 방향에서 15° 떨어진 방향에서 높은 값을 갖는 반면, 수자직물(F)의 경우엔 30° 틀어진 방향에서 높은 값을 갖는 것으로 나타났다. 이는 Sengupta(1972)의 면직물에 대한 연구 결과와 같이 위사 꼬임의 영향으로 추측되며 세 조직의 직물 중 수자직에서 유일하게 위사에서 높은 꼬임(Hard twist)을 갖기 때문에 이러한 꼬임의 영향이 작용된 것으로 생각된다.

Figure 6, 7에서 나타난 두 각도에서의 전단 이력(2HG, 2HG5)에서는 각도에 따른 직물 조직 형태별 경향성은 평직물의 2HG를 제외하고는 유사하지만 값의 차이가 나타났다. 먼저 2HG 값의 경우, 30°, 60°에서는 능직 > 수자직 순으로 큰 값을 갖는 반면, 120°, 150°에서는 수자직 > 능직의 결과를 나타내었다. 한편, 정바이어스 각도인 45°와 135°의 경우, 평직 > 능직 > 수자직 순으로 높은 값을 보였다. 2HG5의 결과에서는 15°, 75°에서는 수자직 > 능직 순으로 큰 값을 갖는 반면, 135°, 165°에서는 능직 > 수자직의 결과를 나타내었다. 또한 경사 방향(90°)에서는 세 조직의 값이 거의 비슷했던 반면, 위사 방향(0°)에서 F직물의 값이 세 조직 중 가장 낮은, 0에 가까운 값을 나타내었으며 정바이어

스 각도에서는 능직>평직>수자직 순으로 나타났다. 이와 같이 조직별로 차이가 나타난 이유는 경/위사간의 교차점의 수가 가장 큰 영향을 주었을 것으로 고려된다. 다만 능직의 경우에 각도에 따라 값의 크기가 다른 것은 경/위사간의 교차로 나타난 능선의 기울기가 60° 로 경/위사가 받는 힘의 위치가 균등하지 않아 나타난 결과로 생각된다.

3.3. 굽힘 특성

조직 형태에 따른 굽힘 특성 변화는 Figure 8, 9에 나타나있다.

굽힘 특성의 경우 Figure 8에 나타난 굽힘 강성(B)과 Figure 9에서 제시된 굽힘 이력(2HB)의 그래프 모두에서 공통적으로 $75^\circ \sim 105^\circ$ 를 제외하고는 평직(D)>능직(E)>수자직(F)의 순으로 높은 값을 가져 세 직물 중 평직이 가장 단단하고 수자직이 가장 천의 회복성이 좋은 것으로 나타났다. 이와 같이 조직에 따라 굽힘 특성이 다르게 나타나는 것은 경사와 위사의 교차점 수와 밀접한 관계가 있는 것으로 생각된다. 상대적으로 경/위사의 교차점 수가 많은 평직의 경우 실의 이동이 자유롭지 못해서 직물을 굽힐 때, 더 많은 힘이 필요하고, 반대로 이동이 많지 않았기 때문에 회복 역시 더 빨리 될 수 있다. 반면, 경사 방향(90°)에서는 능직>수자직>평직의 순으로 B와 2HB값이 크게 나타났는데 이 경우는 조직 형태의 영향보다는 경사 특성에서 영향을 많이 받은 것으로 추측된다. 세 직물이 직물 E의 경사 굽기가 가장 굽고 직물 F에서 경사 밀도가 가장 높았기 때문에 이에 따라 능직과 수자직이 평직보다 더 높은 B와 2HB값을 나타낸 것으로 생각된다.

한편 조직별로 경사 방향(90°)과 위사 방향(0°)에서의 B와 2HB의 값의 경향이 다르게 나타났는데 평직일 경우 경사<위사, 능직일 경우 경사=위사, 수자직일 경우 경사>위사로 나타났다.

3.4. 표면 특성

조직에 따른 표면 특성 차이는 Figure 10, 11, 12에 제시되어 있다.

표면마찰계수(MIU)의 값을 나타낸 Figure 10의 경우를 살펴보면, 세 조직 모두 경사 방향(90°)에 가까울수록 낮은 값을, 위사 방향(0°)에 가까울수록 높은 값을 갖는 U자형 곡선에 나타내는 공통점을 보였다. 그러나 각도에 따라 더 높은 값을 갖는 조직 형태가 달랐는데 위사 방향에 가까울수록 수자직(F)>능직(E)>평직(D) 순으로 높은 값을 갖고, 반대로 경사 방향에 가까울수록 평직>능직>수자직 순으로 높은 값을 나타내었다.

마찰계수의 평균 편차(MMD)와 표면 거칠기(SMD)에서는 90° 에서 조직 형태에 따른 값의 차이가 가장 크게 나타났고 대체로 평직>능직>수자직 순으로 높은 값을 가졌다. 이에 평직의 표면이 가장 굴곡이 많고 거친 반면, 수자직은 표면이 매끄럽고 부드러운 직물인 것을 나타낸다. 단, 60° 와 150° 에서만 MMD와 SMD가 능직>평직>수자직 순으로 높은 값을 갖는 것으로 관측되었고 이는 실험에 사용된 직물 능선의 기울기가 45° 가 아닌 60° 이기 때문에 능선 각도에 따라 직물 표면에 요철이 발생하였기 때문으로 생각된다. 한편 수자직 SMD의 경우, 0° 에서 가장 높은 값을 나타내었는데 이 이유는 직물 F의 조직 형태가 경수자직으로 경사 방향으로 떠있는(float)실이 위사 방향의 표면에서는 오히려 표면의 매끄러움을 반감시키는 효과를 준 것으로 고려된다.

3.5. 결과 요약

동일한 중량의 서로 다른 조직의 평직물 D, 능직물 E, 수자직물 F의 특성 변화에 대한 결과는 다음과 같다.

조직 형태에 따른 차이는 표면 특성에서 크게 나타났다. MIU는 90° 에 가까울수록 평직에서, 0° 에 가까울수록 수자직에서 값이 높게 나타났다. 또한 경사 방향(90°)에서 조직 형태별 MMD, SMD의 값의 차이가 가장 크게 나타났고 90° 를 중심으로 평직과 수자직의 표면 거칠기 값이 대칭된 형태를 갖는 반면, 능직에서는 능선의 기울기각도의 영향을 받아 비대칭형의 곡선을 나타내었다.

인장특성의 경우 조직별로 LT값은 평직>능직>수자직 순으로 높은 값을 가졌으나 값의 차이가 큰 순서는 평직>수자직>능직으로 나타났다. 또한 피복도가 높고 위사의 꼬임이 많은 수자직에서 세 조직 중 큰 인장에너지 값을 가졌다.

전단 특성의 경우 세 조직중 평직에서 전단 강성(G) 값이 높게 나타났으며 평직물과 능직물은 경사 혹은 위사 방향에서 15° 떨어진 방향에서 높은 G값을 갖는 반면, 수자직물(F)의 경우엔 30° 틀어진 각도에서 높은 값을 나타내었다. 또한 45° , 135° 각도에서 2HG는 평>능>수, 2HG5는 능>평>수의 순서로 값이 크게 나타나 세 종류의 직물 중 수자직에서 45° , 135° 각도에의 전단 회복성이 가장 좋은 것으로 관측됐다.

굽힘 특성은 대체로 평직>능직>수자직 순으로 굽힘 강성과 굽힘 이력 값이 높게 나타났으며 조직에 따라 경사 방향과(90°)과 위사 방향(0°)에서의 값은 평직에선 경사<위사, 능직에선 경사=위사, 수자직에선 경사>위사와 같이 나타났다.

IV. 결 론

본 연구는 견직물의 바이어스 각도별 역학적 특성변화를 살펴보고자 하였으며 이에 따라 시판되는 견직물 6종을 선택하여 경사 방향(90°), 위사 방향(0°), 10개의 바이어스 각도, 총 12개의 방향으로 재단하여 이에 따른 특성치의 변화를 조사하였다. 또한 역학적 특성 변화에 영향을 미치는 요인들로 고려되는 실 구조와 직물 조직 형태를 살펴보고 다음과 같은 결과를 도출하였다.

(1) 각도에 따른 견직물의 대부분의 특성치들은 90° 를 기준으로 대칭된 형태를 갖는다. 인장, 전단, 굽힘, 표면 특성 가운데 전단 특성에서 직물에 따른 가장 높은 일치성을 나타내었으며 경/위사 방향을 제외하고 45° , 135° 방향에서 가장 드레이프성이 좋고 그 외 각도에서 볼륨감 표현에 용이한 것으로 나타났다. 표면특성은 바이어스 방향보다 경사방향에서 MMD와 SMD의 최대 값을 갖고 바이어스 방향에 따른 차이는 미미하였다. 각도에 대한 특성치의 관계는 WT, G, 2HG, MMD, SMD에서 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

(2) 동일한 조직과 밀도를 갖는 직물들은 실 구조의 영향을 받으며 역학적 특성치 중 인장에너지(WT), 인장회복도(RT), 굽힘강성(B), 굽힘 이력(2HB), 표면마찰계수(MIU)의 특성치에서 차이가 있는 것으로 나타났으며 RT를 제외하고는 대체로 실의 굵기가 굵을수록 높은 값을 갖는다. 또한 합사수 및 꼬임수가 역학적 특성치에 영향을 주었다

(3) 역학적 특성 중 표면 특성에서 직물 조직 형태에 따른 영향이 크게 나타났으며, 경사 방향(90°)에서 조직별 특성치 값의 차이가 가장 크게 나타났다. 능직물의 경우 능선의 기울기 각도의 영향을 받아 60° 와 150° 에서 표면 거칠기가 높게 나타났다. 또한 평직물과 능직물은 경/위사 방향에서 15° 틀어진 각도에서 전단강성이 높은 반면 수자직은 30° 틀어진 각도에서 높은 값을 나타내어

조직별 차이가 나타났다.

본 연구는 의복 생산 자동화 시스템 구축을 위한 기초적 자료 제공으로써 의의가 있을 것으로 기대된다. 반면, 연구의 제한점으로 직물 조직에 따라 특성의 차이가 나타났던 능직과 수자직의 경우, 경/위사 밀도 및 꼬임수에 의한 영향도 받기 때문에 시판된 견직물을 가지고는 실 구조가 동일한 조건으로 통제되지 않아 바이어스 방향에 따른 차이만을 보기는 어려웠다. 따라서 보다 더 정확한 조직에 따른 영향을 살피기 위해서는 밀도 및 경/위사의 조건을 동일하게 하여 조사를 하는 것이 각도에 따른 특성 변화가 더 분명할 것으로 사료된다. 또한, 실험에서 사용한 직물 외에 1/3능직, 2/6 능직, 8매 수자직 등의 다양한 변화 조직들을 추가 한다면 직물 조직에 따른 영향들을 더 정확히 살펴 볼 수 있을 것으로 생각된다.

참고 문헌

- 김상용, 이준영 (1985) 직물의 구조가 그 역학적 이방성에 미치는 영향, *한국섬유공학회지*, 22(2), p27-39
- 김승진, 이재곤, 강태진 (1987) 평직물 굽힘 특성의 역학적 이방성, *한국섬유공학회지*, 24(2), p43-51
- 권헌선, 성수광, 권오경 (1998) 시판 한복지의 태에 관한 연구(1) - 역학적 특성과 기능 특성치, *한국섬유공학회지*, 35(6), p376-384
- 성수광, 고재운, 권오경 (1987) 한복지의 역학적 특성에 관한 연구 (1) - 여자용 여름 한복지, *한국의류학회지*, 11(3), p79-88
- 성수광, 권오경, 이경임 (1988) Silklike polyester 직물의 역학적 특성에 관한 연구, *기초과학연구논집*, 2, p27-36
- 오애경, 김승진 (1993) 폴리에스테르 직물의 역학특성에 관한 연구(1) - 낮은 응력하에서의 인장특성-, *한국섬유공학회지*, 30(9), p641-651
- 오애경, 김승진 (1993) 폴리에스테르 직물의 역학특성에 관한 연구(2) - 전단특성의 비선형성-, *한국섬유공학회지*, 30(10), p719-730
- 오애경, 김승진 (1993) 폴리에스테르 직물의 역학특성에 관한 연구(3) - 굽힘특성의 비선형성-, *한국섬유공학회지*, 30(12), p919-927
- 이명희 (2003) 우레탄 처리 면직물의 물성 및 태 변화, 서울대학교석사학위논문
- 홍지명 (1996) 한산 모시의 역학적 특성 및 태에 관한 연구, 서울대학교박사학위논문
- Du, Z., Yu, Y. (2008) Analysis of shearing properties of woven fabrics based on bias extension, *The Journal of textile institute*, 99(4), p385-392
- Hu, J. L., Lo, W. M., Lo, M. T. (2000) Bending hysteresis of plain woven fabrics in various directions, *Textile research journal*,

70(3), p237–242

Lo, W. M., Hu, J. L. (2002) Shear properties of woven fabrics in various directions, *Textile research journal*, 72(5), p383–390

Matsudaira, M., Matsui, M. (1992) Features of mechanical properties and fabric handle of silk weaves, *Journal of textile institute*, 83(1), p133–143

Mori, R., Haga, T., Takagishi, T. (1999) Bending and shear properties of cotton fabrics subjected to cellulase treatment, *Textile research journal*, 69(10), p742–746

Pan, N., Kovar, R., Dolatabadi, M. K., Wang, P., Zhang, D., Sun, Y., Chen, L. (2015) Origin of tensile strength of a woven sample cut in bias directions, *Royal society open science*, 2:140499, p1–18

Sengupta, A. K., De, D., Sarkar, B.P. (1972) Anisotropy in some mechanical properties of woven fabrics, *Textile research journal*, 42(4), p268–271

Spivak, S.M., Treloar, L. R. G. (1968) The behavior of fabrics in shear part3. The relation between bias extension and simple shear, *Textile research journal*, 38(4), p963–971

육영수 (1991) (증보판)기초직물구조학, 동명사

김성련 (2000) 피복재료학, 교문사

Kawabata, S. (1980) The Standardization and analysis of hand evaluation 2nd Edition, *The textile machinery society*

Abstract

The Mechanical Properties of Silk fabrics in Various Bias directions

Kang, Younhee

Dept. Textiles, Merchandising and Fashion Design

The Graduate School

Seoul National University

This study was carried out to define changes of the mechanical properties of silk fabrics according to various bias directions. Also, the differences of yarn characteristics and weave structures according to bias degrees were investigated to find the their effects

6 types of commercial silk fabrics were chosen for the experiments. The samples were conducted with 4 plain weaves, 1 twill weave, and 1 satin weave. Plain silk fabrics had same density with different yarn properties, and twill and satin fabrics had same weight with one of plain fabric. Samples were cut into 12 different bias angles between 0° and 165° with 15° gap and were measured for tensile, shear, bending, and surface properties by KES-FB system.

Most of results according to bias angle showed symmetrical figures based on 90° . Shear characteristics showed the highest agreement among the properties. All silk fabrics exhibited low values at 45° and 135° except warp (90°) and weft (0°) directions so we could know that these angles are excellent for draping. In bending properties, most of the fabrics draw a W-

shaped curve that had a lowest value at 45° to 75° and 135° to 150° and rose at 0° and 90° . The statistical results showed that the WT, G, 2HG, MMD and SMD had a significant effect on bias angles.

In order to investigate the effect of yarn structure, we looked at four kinds of plain fabrics. Statistical results were significant in WT, RT, B, 2HB and MIU. When considering the effects of the yarn structure and angles, it had the higher tensile linearity(LT) values when the yarn is thicker, and showed the bigger differences when the fold-ply of warp and weft yarn is not the same. In bending properties, the differences of the B and 2HB value were bigger when the warp and weft were thicker and had more twist.

The effect of weave type was the most characteristic in the surface properties, and the differences of values according to the weave type were the largest at 90° . In the case of twill weave, the SMD values were high at 60° and 150° due to the influence of the slope angle of the ridgeline. In shear stiffness, plain and twill shows high value at 15° from the warp and weft direction

Based on these results, it is expecting to have a meaning for providing basic data for the development of automatic apparel production system.

Keywords: Bias directions, Silk fabric, KES-FB system, Mechanical properties, Anisotropy

Student Number: 2015-21713